

3. Гринев В.Г. Технологические аспекты физики горных процессов/ В.Г. Гринев, А.И. Деуленко, П.П. Николаев, П.В. Череповский. // Наукові праці УкрНДМІ НАН України. — 2013. — № 13, ч. 1. — С. 197-208.
4. Череватский Д.Ю. Промышленная политика для угольной промышленности/ Д.Ю. Череватский// Экономика промышленности. — 2012.—№1,2.—С.36–49.
5. Хорольский А.А. Рациональный выбор состава механизированных комплексов в условиях эксплуатации забоев Донбасса/ Хорольский А.А., Гринев В.Г., Сынков В.Г.// Материалы международной конференции «Форум горняков – 2015», 30 сентября – 3 октября 2015г., Днепропетровск. – Д.: Национальный горный университет, Т1 — С58–68.
6. КД12.10.040-99. Изделия угольного машиностроения. Комбайны очистные. Методика выбора параметров и расчета сил резания и подачи на исполнительных органах (взамен ОСТ12.44.258-84). Введен с 01.01.2000.- Донецк: Минуглепром Украины, 1999.—75с.
7. Хорин В.Н., Верклов Б.А., Иркиевский В.Д. К вопросу определения производительности выемочных машин и комплексов оборудования очистных забоев. —Уголь, 1973, 12, с. 4—8.
8. Плотников В.П. Вывод формулы для расчета производительности очистных комбайнов со шнековыми, барабанными или корончатым исполнительным органом.//Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал).—2010.—№9.—С48–51.
9. Бурчаков А.С. Технология и механизация подземной разработки пластовых месторождений / А.С. Бурчаков, Ю.А. Жежелевский, С.А. Ярунин. — М.: Недра, 1989.— 431 с.
10. Гринев В.Г. Приложение теории графов для эффективного выбора очистного оборудования на шахтах Донбасса / В.Г. Гринев, П.П. Николаев // Физико-технические проблемы горного производства. — Донецк. — 2011. — №14. — С 166 — 172.

УДК 622.271.1:236.73

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ МИКРОДЕЗИНТЕГРАЦИИ ПРИ РАЗРАБОТКЕ КОМПЛЕКСНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ РУДНО-РОССЫПНОГО ТИПА

Н.П. Хрунина

кандидат технических наук, старший научный сотрудник лаборатории проблем освоения россыпных месторождений, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт горного дела Дальневосточного отделения Российской академии наук, г. Хабаровск, Россия, e-mail: npetx@mail.ru

Аннотация. Рассмотрены результаты энергодисперсионного микроанализа и акустических свойств глинистых пород, отобранных на участках комплексного месторождения Фадеевского рудно-россыпного узла Приморского края. Отмечается, что углубление теоретических и экспериментальных исследований гидроактивации песков, инициирующих кавитационные эффекты, позволит решить важную проблему дезинтеграции золотосодержащих глинистых песков рудно-россыпного типа.



Ключевые слова: дезинтеграция, акустические свойства, микроанализ, эффективная сжимаемость, фильтрация, кавитационные эффекты.

PROCESS IMPROVEMENT MICRODISINTEGRATION WHEN DEVELOPING PLACER DEPOSITS OF PRIMORSKY KRAI

N.P. Khrunina

Ph.D., researcher at the laboratory of placer deposits Federal State budgetary institution of Science Mining Institute of Far Eastern branch of the Russian Academy of Sciences, Khabarovsk, Russia, e-mail: npetx@mail.ru

Abstract. The results of energy dispersive microanalysis and acoustic properties of clayey rocks, selected sites integrated deposits Fadeevskij ore-placer site Primorsky Krai. It is noted that the deepening of theoretical and experimental research gidroaktivaci sands, initiate cavitation effects, will solve a major problem the disintegration of the gold-bearing clay sands ore-placer type.

Keywords: *disintegration, acoustic properties, microanalysis, эффективная compressibility, filtering, cavitation effects.*

Введение. На территории Дальневосточного федерального округа учтено 3770 месторождений золота, из которых 129 рудных, в том числе 14 комплексных, и 3641 россыпных [1]. В последние годы на территории Приморского края выявлено несколько десятков золотых, золотосеребряных и серебряных месторождений и проявлений. Наиболее значительные из них Глухое, Кумирное, Малиновское, Майское, Приморское, Салют, Крестовское, Милоградовское, Силанское, Союзное, Таежное, Ягодное и др. Коренные комплексные месторождения содержат золото, г/т: Приморское — 11,49; Прогресс — 6,19; Восток-2 — 1,4; Силанское — 0,98; Таежное — 0,63. Всего по краю балансовые и забалансовые запасы коренного золота оцениваются примерно в 7,2 т, россыпного — около 13,8 т. известно более 80 россыпей золота [2]. Исследованиями аллювиальной россыпи Приморья, локализованной в долинах р. Малая Нестеровка и ее притоков Поперечного и Пospelихи, установлено, что пески относятся к среднепромывистым, с преобладанием плохо дезинтегрируемой плотной глины. Пески россыпи представляют собой гетерогенную систему с морфологическим генезисом рудного и россыпного проявления. Концентрат, полученный на приборе Аляска-35, представляет собой единый темно-серый шлик, в котором присутствует мелкое и весьма мелкое золото до 85 % [3]. Качественная работа оборудования, используемого в производственных условиях технологических операций на месторождениях данного типа, осложняется присутствием мелкодисперсных глинистых частиц и вязкой глини-

стой составляющей в суспензии. Происходят существенные потери мелких и тонких частиц ценных компонентов [1, 4-6].

Направленное изменение состояния перерабатываемых глинистых песков золотоносных россыпей тесно связано с процессами водонасыщения и дезинтеграции.

Цель работы. Осуществление энергодисперсионного микроанализа образцов пород, отобранных на участках комплексного месторождения Фадеевского рудно-россыпного узла, а также акустических свойств вмещающих пород для обоснования рекомендаций по дезинтеграции песков.

Результаты исследований. С помощью сканирующего электронного микроскопа JEOL JCM-6000 PLUS NEOSCOPE осуществлен энергодисперсионный микроанализ образцов пород, отобранных на участках исследуемого рудно-россыпного месторождения, рис. 1-2.

Кроме золота, серебра и платины в пробах обнаружены микроэлементы осмия, диспрозия, тербия, гадолиния, европия, самария, неодима, церия, лантана и других элементов.

Установление экспериментальным путем значений плотности, естественной влажности, скорости прохождения ультразвукового импульса в продольной волне в образцах позволило расчетным путем определить эффективную сжимаемость твердого, равновесную эквивалентную плотность ρ при водонасыщении до 30 % и скорость продольных ультразвуковых волн V при равновесной эквивалентной плотности, модуль сдвига μ , модуль продольного растяжения E , как при естественной влажности, так и при влажности по массе равной 30%.

Полученные значения эффективной сжимаемости скелета конгломератов варьируют от $0,256 \cdot 10^{-9}$ до $2,962 \cdot 10^{-9}$ м·с²/кг, изменяясь от очень низкой до высокой величины. Поэтому фильтрация воды на некоторых участках не только в статических, но и в динамических условиях, будет проходить не достаточно активно.

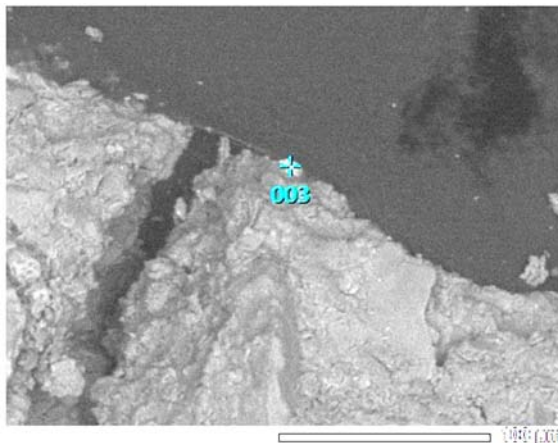
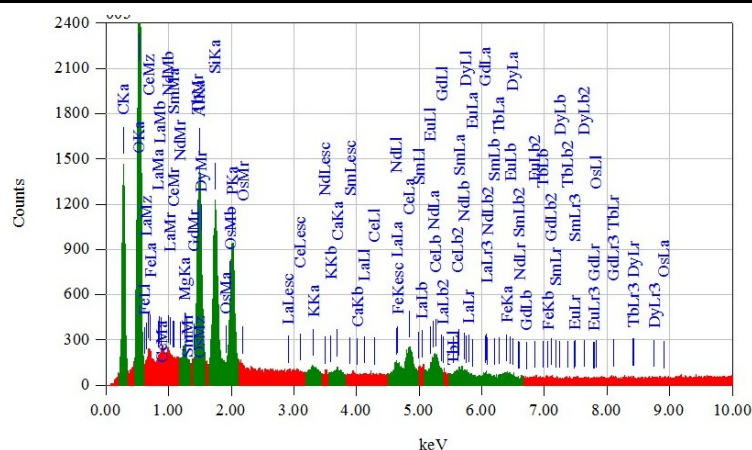


Рис. 1. – Фотография исследуемой пробы 2-3



ZAF Method Standardless Quantitative Analysis
Fitting Coefficient : 0.0193

| Element | (keV) | Mass% | Sigma | Atom% |
|---------|-------|--------|-------|--------|
| C K | 0.277 | 29.99 | 0.15 | 44.40 |
| O K | 0.525 | 40.57 | 0.22 | 45.08 |
| Mg K* | 1.253 | 0.51 | 0.03 | 0.37 |
| Al K | 1.486 | 4.73 | 0.06 | 3.12 |
| Si K | 1.739 | 3.84 | 0.05 | 2.43 |
| P K | 2.013 | 3.81 | 0.05 | 2.19 |
| K K* | 3.312 | 0.30 | 0.02 | 0.14 |
| Ca K* | 3.690 | 0.25 | 0.03 | 0.11 |
| Fe K* | 6.398 | 0.93 | 0.08 | 0.30 |
| La L* | 4.648 | 2.92 | 0.11 | 0.37 |
| Ce L* | 4.837 | 6.38 | 0.15 | 0.81 |
| Nd L* | 5.227 | 3.41 | 0.15 | 0.42 |
| Sm L* | 5.632 | 0.33 | 0.12 | 0.04 |
| Eu L* | 5.842 | 0.25 | 0.12 | 0.03 |
| Gd L* | 6.053 | 0.50 | 0.12 | 0.06 |
| Tb L* | 6.269 | 0.51 | 0.15 | 0.06 |
| Dy L* | 6.491 | 0.37 | 0.15 | 0.04 |
| Os M* | 1.914 | 0.41 | 0.13 | 0.04 |
| Total | | 100.00 | | 100.00 |

Рис. 2. – Спектрограмма микроэлементов и карта химического состава исследуемой поверхности образца 2-3

Законы изменения давления воды базируются на теории фильтрационного движения жидкости, в основе которых лежит закон Дарси. При больших скоростях фильтрации, когда заметно влияние инерционных и пульсационных сил в качестве закона фильтрации используют зависимость вида [7]

$$\frac{\partial H}{\partial l} = -\frac{V}{k}(1 + aV),$$

где H - гидростатический напор; k - коэффициент фильтрации; a - коэффициент.

В глинистых породах может проявляться нижний предел применимости закона Дарси. Физические особенности связанной воды, наличие сверхкапиллярных пор обуславливает неподвижность воды до достижения градиента напора некоторой начальной величины l_0 . Скорость фильтрации определится зависимостью [7]

$$V = -k\left(\frac{\partial H}{\partial l} - I_0\right) \text{ при } \frac{\partial H}{\partial l} > I_0, V = 0 \text{ при } \frac{\partial H}{\partial l} \leq I_0.$$

Коэффициент фильтрации зависит от пористости, удельной поверхности, состава пор, относительной влажности и эффективной сжимаемости песков с учетом водонасыщения. Известные теоретические обоснования *дезинтеграции высокоглинистых песков не дают однозначного* представления о возникающих процессах кавитации, струйных и вихревых течениях в многокомпонентных средах при гидродинамических воздействиях, инициируемых различными источниками влияния.

Из всей выборки исследуемых образцов доля максимальных значений модуля сдвига превышает минимальные. В таком же соотношении изменяется величина волнового сопротивления песков. Учитывая акустические характеристики песков, следует отметить, что полное разрушение жестких структурных связей на микроуровне известными методами будет затруднено.

Для исследуемых глинистых песков комплексного месторождения Фадеевского рудно-россыпного узла требуется значительное увеличение интенсивности упругих колебаний при переработке, активизирующей микродезинтеграцию песков на нужном уровне для извлечения мелких и тонких частиц ценных компонентов. Учитывая данные обстоятельства, в ИГД ДВО РАН разработаны способы и установки, моделирующие процессы [8-14] эффективной активации механического и гидроакустического типа, способствующей дезинтеграции минеральной составляющей гидросмеси. В способе струйно-акустической дезинтеграции минеральной составляющей гидросмеси используется скоростная подача струи в гидродинамический генератор [14]. Обработка материала осуществляется в условиях активных гидродинамических воздействий посредством влияния, размещенных внутри корпуса соосно и последовательно соединенных стационарных кавитационных элементов. Глубокую дезинтеграцию минеральной составляющей гидросмеси до микроуровня осуществляют посредством преобразования кинетической энергии потока жидкости в энергию акустических колебаний. На входе генератора высокоскоростная струя формирует посредством отражательной сферической поверхности скачок уплотнения и торроидальную кавитационную зону с усилением осцилляции скачка и возникновением полей первичной гидродинамической и вторичной акустической кавитации в гидросмеси. Данный способ дезинтеграции высокоглинистых золотоносных россыпей в условиях резонансных акустических явлений струйного типа повысит технологический уровень добычи полезного ископаемого, снизит потери ценного компонента, уменьшит энергозатраты, улучшит эксплуатационные показатели по обслуживанию ком-

плекса, повысит рентабельность производства и экологическую безопасность.

Вывод. Участки высокоглинистых песков комплексного месторождения Фадеевского рудно-россыпного узла с высокими прочностными характеристиками, которые предопределяются низкими значениями эффективной сжимаемости при слабо отличающейся влажности, потребуют создания более совершенных методов воздействия на пески в процессах переработки. Развитие исследований по созданию таких систем позволит приблизить решение важной проблемы глубокой дезинтеграции высокоглинистых золотосодержащих песков россыпей для извлечения мелких и тонких частиц ценных компонентов микронного уровня без потерь.

ЛИТЕРАТУРА

1. Новые аспекты научных основ ультразвуковой дезинтеграции высокоглинистых золотосодержащих песков россыпей Приамурья /Н. П. Хрунина, Ю.А. Мамаев, А.М. Пуляевский, О.В. Стратечук; под ред. А. М. Пуляевского. Хабаровск: Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2011. 167 с. ISBN 978-5-7389-1030-2.
2. Архипов Г.И. Минеральные ресурсы Приморского края: состояние и перспективы. ГИАБ, 2010. ОВ №4. С. 464-475.
3. Банщикова Т.С., Сас П.П. Проблемы освоения россыпного золота на месторождении Фадеевского рудно-россыпного узла (Приморский край) //Золото и технологии. 2015, № 4, с. 76-78.
4. Хрунина Н.П., Чебан А.Ю. Оценка влияния водонасыщения на дезинтеграцию высокоглинистых песков при разработке россыпей благородных металлов //Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2015. №4. С. 50–55.
5. Хрунина Н.П., Чебан А.Ю. Концептуальный подход к теоретическому обоснованию гидродинамической дезинтеграции минеральной составляющей гидросмеси на примере предлагаемой установки. Современные инновационные технологии подготовки инженерных кадров для горной промышленности и транспорта. Украина, Днепрпетровск. 2015. № 1 (2). С. 49-56.
6. Мамаев Ю.А., Хрунина Н.П. [Определение оптимальных параметров ультразвукового излучения при воздействии на краевые зоны золотосодержащих песков россыпей /Известия высших учебных заведений. Горный журнал. 2008. № 6. С. 71-74.](#)
7. Подольский В.А. Метод конечных элементов в гидрогеомеханике горного производства / ФГБОУ ВПО РХТУ им. Д.И. Менделеева, Новомосковский институт (филиал), Новомосковск, 2012.-120 с. ISBN 978-5-7237-0798-6.
8. Патент 2209678 РФ. Геотехнологический комплекс с многоступенчатой дезинтеграцией / Хрунина Н.П., Мамаев Ю.А., Стратечук О.В., Молоднякова Е.К. //опубл. 10.08.2003, Бюл. № 22.
9. Патент 2206403 РФ. [Геотехнологический комплекс с многоступенчатой дезинтеграцией](#) / Хрунина Н.П. // опубл. 20.06.2003, Бюл. № 17.

10. Патент 2204441 РФ. [Перерабатывающий геотехнологический комплекс](#) / Хрунина Н.П., Мамаев Ю.А. // опубл. 20.05.2003, Бюл. № 14.
11. Патент 2187373 РФ. [Многоуровневая установка для извлечения ценных минералов](#) /Хрунина Н.П., Мамаев Ю.А., Стратечук О.В., Хрунин Т.О. // опубл. 20.08.2002, Бюл. № 23.
12. Патент 2209974 РФ. [Геотехнологический комплекс с многоступенчатой дезинтеграцией](#)/ Хрунина Н.П., Мамаев Ю.А. // опубл. 10.08.2003, Бюл. № 22.
13. Патент 2506128 РФ. Способ дезинтеграции минеральной составляющей гидросмеси в условиях резонансных акустических явлений в гидропотоке и геотехнологический комплекс для его осуществления/ Хрунина Н.П. // опубл. 10.02.2014, Бюл. № 4.
14. Пат. 2506127 РФ. Способ струйно-акустической дезинтеграции минеральной составляющей гидросмеси и гидродинамический генератор акустических колебаний / Хрунина Н.П. // опубл. 10.02.2014, Бюл. № 4.

УДК 622.271.1:236.73

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ МИКРОДЕЗИНТЕГРАЦИИ ПРИ РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ

Н.П. Хрунина¹, А.Ю. Чебан²

¹кандидат технических наук, старший научный сотрудник лаборатории проблем освоения россыпных месторождений, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт горного дела Дальневосточного отделения Российской академии наук, г. Хабаровск, Россия, e-mail: npetx@mail.ru

²кандидат технических наук, доцент, старший научный сотрудник лаборатории освоения рудных и нерудных месторождений открытым способом, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт горного дела Дальневосточного отделения Российской академии наук, г. Хабаровск, Россия, e-mail: chebanay@mail.ru

Аннотация. Рассмотрены структурно-механические, акустические свойства вмещающих пород для обоснования рекомендаций по дезинтеграции песков россыпного месторождения золота и редких металлов. Отмечается, что углубление теоретических и экспериментальных исследований в области влияния физико-механических процессов, инициирующих кавитационные эффекты, позволит решить важную проблему дезинтеграции золотосодержащих песков.

Ключевые слова: дезинтеграция, акустические свойства, волновое сопротивление, модуль сдвига, кавитация.

PROCESS IMPROVEMENT MICRODISINTEGRATION WHEN DEVELOPING PLACER DEPOSITS OF PRIMORSKY KRAI

N.P. Khrunina¹, A.Yu. Cheban²

¹Ph.D., researcher at the laboratory of placer deposits Federal State budgetary institution of Science Mining Institute of Far Eastern branch of the Russian Academy of Sciences, Khabarovsk, Russia, e-mail: npetx@mail.ru

